

Glatthänge als Konvergenzformen Beobachtungen am Joúchtas auf Kreta

Poser, Hans

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 29, 1978,
S.33-46



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Glatthänge als Konvergenzformen Beobachtungen am Jouchtas auf Kreta

Von **Hans Poser**, Göttingen

Zusammenfassung. Der Artikel befaßt sich mit dem Phänomen der Glatthänge auf Grund von Beobachtungen in dem aus Kalken aufgebauten Gebirge des Jouchtas auf Kreta. Den bereits aus vielen Hochgebirgen bekannten, unter kaltklimatischen Bedingungen entstehenden Glatthängen der aktuellen und eiszeitlichen periglazialen Höhenstufen werden Glatthänge am Jouchtas gegenübergestellt, die sich weit unterhalb der Untergrenzen der periglazialen Höhenstufen befinden und dieser Lage entsprechend nicht mehr periglazialmorphologisch entstanden sein können. Ihre detaillierte Analyse führt zum Nachweis der Entstehung durch Lösungsvorgänge im karbonatischen Kalkgestein. Der Vergleich beider Arten von Glatthängen ergibt physiognomische Formgleichheit, aber unterschiedliche Genese. Sie werden unter den Aspekt der Formenkonvergenz gestellt und als „Periglazial-“ und „Karst-Glatthänge“ unterschieden.

Résumé. L'article porte sur le phénomène des versants à profil rectiligne qu'ont été étudiés dans la montagne calcaire du Jouchtas sur l'île de Crète. Ces versants du Jouchtas, qui se trouvent nettement en dessous de l'étage périglaciaire et qui en conséquence ne peuvent pas être formés par des processus périglaciaires, sont confrontés aux versants à profil rectiligne bien connus des étages périglaciaires actuels et pleistocènes des hautes montagnes. Une analyse détaillée fournit la preuve de leur genèse par des processus de solution de la roche calcaire.

La comparaison des deux types de versants à profil rectiligne montre une égalité des formes mais inégalité des processus de formation. Ainsi les „versants à profil rectiligne périglaciaires“ (Periglazialglatthänge) et les „versants à profil rectiligne karstiques“ (Karstglatthänge) sont un exemple typique de convergence de formes.

I. Einführung

Die folgende Mitteilung über Glatthänge an einem einzelnen Gebirgszug auf Kreta hat den Sinn einer kleinen Fallstudie als Beitrag zur Klärung der differenzierten Entstehung von Glatthängen. In ihr wird der einst von H. Spreitzer (1957) eingeführte Ausdruck „Glatthang“ deskriptiv verstanden und auf Formen angewandt, wie sie exemplarisch in den Abb. 1, 2 und 3 erscheinen. Die Zweck- und Zielsetzung der Ausführungen leitet sich aus dem gegenwärtigen Stand der Glatthangforschung im allgemeinen ab. Er ist in der Frage der zonalen Einordnung von Glatthängen durch eine scheinbare Diskrepanz gekennzeichnet. Auf der einen Seite steht die sichere Erkenntnis, daß Glatthänge – gewissermaßen als Großformen frostdynamischer Ent-



Abb. 1

Glatthang in der periglazialen Höhenstufe des Jakobshorns/Jatzhorns – Rätische-Alpen (Kammhöhe 2590–2682 m). – Phot. H. Karrasch, August 1971.

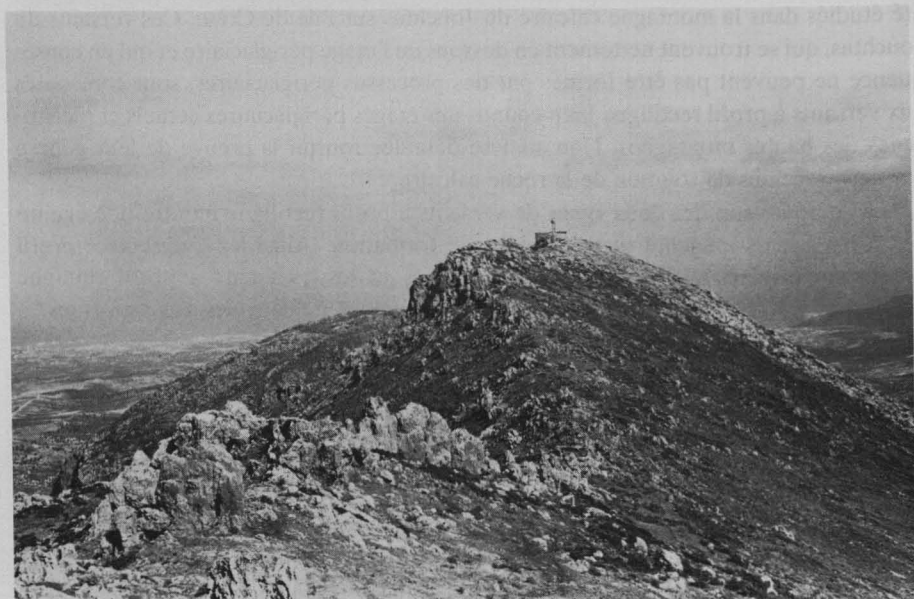


Abb. 2

Joúchtas (811 m); Blick nach N. Massenkalk. Reifer Glatthang rechts im Bild; Embryonalglathänge Mitte links. – Phot. H. Poser, September 1956.

stehung – zum Formeninventar der periglazialen Höhenstufen und Zonen gehören (vgl. als Beispiel Abb. 1). E. Richter (1900) und R. Schwiner (1933) haben sie durch frühe Untersuchungen in den Ostalpen bereits angebahnt, H. Spreitzer (1957, 1959, 1960) hat sie durch weitere Arbeiten in den Alpen und am Kilikischen Ala-Dag im Taurus vertieft und zur allgemeinen Geltung gebracht, und zahlreiche nachfolgende und z.T. im anhängenden Literaturverzeichnis aufgeführte Autoren haben sie durch ihre Forschungen in verschiedenen Hochgebirgen Europas, Asiens und Nord- und Südamerikas bestätigt. So hat sich die verbreitete Vorstellung bilden können, daß Glatthänge Formenelemente allein des periglazialen Raumes seien. Zum anderen haben demgegenüber in jüngerer Zeit Arbeiten in Kalkgebirgen der Mittelmeerregion die Erfahrung erbracht, daß Glatthänge auch in einem anderen als dem periglazialen Milieu auftreten (vgl. als Beispiel Abb. 2). So haben derartige Vorkommen beispielsweise K. Wiche (1961) in den Sierrren Südostspaniens, J. Hagedorn (1969, 1970, 1978) und D. Kelletat (1975 und nach briefl. Mitteilung) in griechischen Gebirgen, A. Gerstenhauer (1977) im campanischen Kalkapennin und W. Klaer (n. briefl. Mitteilung) an verschiedenen Stellen im Raum der Ägäis und der mediterranen Türkei angetroffen, und zwar so weit unterhalb der aktuellen und eiszeitlichen periglazialen Höhenstufe, daß sie periglazialmorphologisch nicht mehr deutbar sind. Mit Bezug auf diese Verhältnisse steht die Forschung noch ganz in den Anfängen. Es sind daher Fallstudien über die Verbreitung und Genese dieser Glatthänge notwendig und ebenso Ergänzungen über die Konsequenzen, die sich daraus für die Glatthangforschung im allgemeinen ergeben. An diesen Sachverhalt knüpft der vorliegende Beitrag an. Er erfüllt seinen Zweck im Rahmen der ganzen Problematik natürlich nur dann, wenn auch das kretische Gebirge, um dessen Glatthänge es geht, der Jóúchtas (811 m), wirklich unterhalb der gegenwärtigen und auch unterhalb der eiszeitlichen periglazialen Höhenstufe bleibt. Beides trifft mit Sicherheit zu. Der heutige Periglazialraum endet im Ida-Gebirge (2500 m), dem nächst gelegenen Hochgebirge, mit letzten Anzeichen periglazialer Kleinformen in etwa 1800 m Höhe (H. Poser, 1957), also um rund 1000 m über dem Jóúchtas; und der eiszeitliche, genauer der würmeiszeitliche Periglazialraum reichte nach Ausweis periglazialer Sedimente tiefstenfalls bis gegen 800 m herab (H. Poser, 1957), könnte also eben gerade noch den Gipfel des Jóúchtas einbezogen haben; indes gibt es in der Gipfelregion wie überhaupt im ganzen Gebirge keinerlei Formen und Sedimente, die einen zwingenden Hinweis auf kaltklimatische Bedingtheit gäben. Obgleich solche Fakten für Kreta und für andere Teile des Mittelmeergebietes reichlich vorgegeben waren, ist unlängst dennoch die Vorstellung vertreten worden, daß sich der eiszeitliche Periglazialraum in diesem Gebiet bis zum Meeresspiegel ausgedehnt habe (vgl. D. Kelletat, 1978). Diese Ansicht gründet sich hauptsächlich auf das gebietsweise auch bis ins Küstenniveau reichende Vorkommen eines scharfkantigen Kalkschutts in rötlicher Matrix, der für kryoklastisch gehalten wird, aber in den Kalkgebirgen der Mittelmeerregion mit viel größerer Wahrscheinlichkeit – wie in anderen subtropischen und selbst tropischen Gebieten auch – ein Nebenprodukt der Verkarstung ist (vgl. J. Hagedorn 1978 und S. 39 ff.).

II. Der Joúchtas und seine Glatthänge

1. Der Joúchtas im Überblick

Der Joúchtas, von dem die Rede sein wird, ist ein verkarstetes Kalkgebirge, das sich 10 km südlich von Iraklion in einer nordsüdlichen Längserstreckung von ca. 5 km um 350–400 m aus seiner Umgebung, einem neogenen Hügelland, erhebt und in seiner ausgeprägten Kammlinie absolute Höhen von 700–811 m ü. M. erreicht (Abb. 4). Mit seiner Basisbreite von nur 1–1,5 km ist der Gebirgszug relativ schmal im Verhältnis zu seiner Höhe, damit zugleich steil in seinen Abdachungen. Bezeichnend ist die ihm in der ganzen Länge eigene Asymmetrie seiner Flanken, indem die über lange Strecken als Felsstufe entwickelte Westflanke durchweg steiler ist als die Ostflanke (Abb. 2, 3, 4). Alle diese die Grundform des Gebirges charakterisierenden Eigenschaften – die Länge, die Breite, das Querprofil – leiten sich von dem tektonischen Grundplan eines Horstes ab, insbesondere von zwei in geringem Abstand parallel laufenden Störungen, die das Gebirge am Fuß seiner Flanken begrenzen; das eine ist ein steiler Bruch auf der Westseite, der hier den Anlaß zur Bruchstufe gab, das andere ist eine durch Harnische angezeigte vergleichsweise flachere Verwerfung auf der Ostseite. Auch Querbrüche sind vorhanden und haben augenscheinlich Anteil an der Gliederung des Kammes durch eine Wechselfolge von Sätteln und Gipfeln

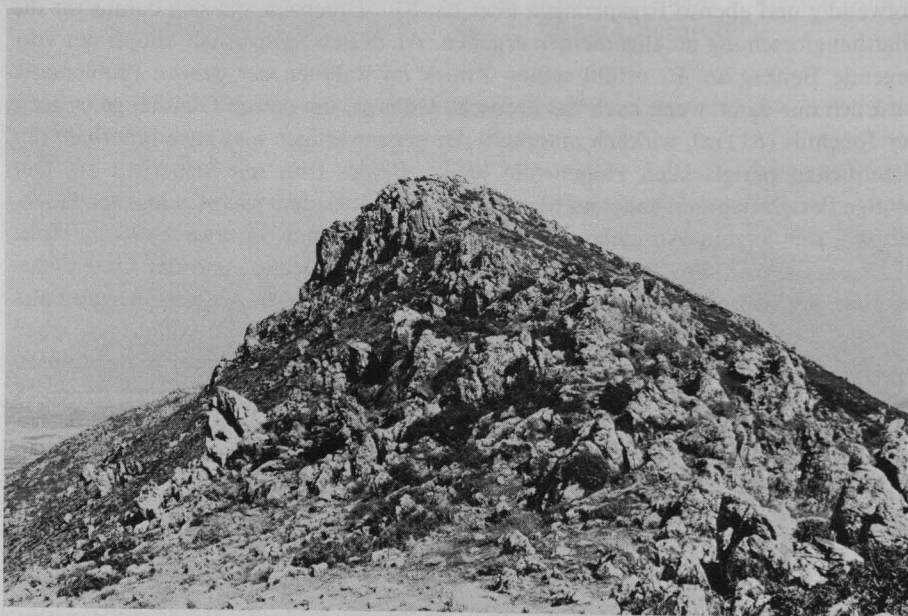


Abb. 3

Joúchtas, Mittelteil; Blick nach N. Massenkalk. Fast reifer Glatthang rechts, mit höckrigem Kleinrelief im oberen Hangbereich. Embryonalglatthang Mitte links. – Phot. H. Poser, September 1956.

gehabt (Abb. 4). Das Alter dieser tektonischen Struktur läßt sich auf posteoazän schätzen, nachdem die am Gebirgsbau beteiligten Kalkgesteine in der soeben erschienenen geologischen Karte von Kreta 1:200 000 (N. Creutzburg 1977) den Gavrovo-Tripolitza-Serien zugerechnet und als jurassisch-eozän ausgewiesen sind. Es handelt sich bei diesen Gesteinen um graue dickbankige und massige Kalke von vorwiegend brecciöser Beschaffenheit und um etwas hellere Plattenkalke. Sie alle sind tief zerklüftet und mitunter bis zu steilem Schichteinfall disloziert (vgl. Abb. 2, 3, 5). Beides hat die Bildung von Schutt sehr gefördert, der aus plattigen und kantigen Komponenten im Bereich der Plattenkalke und aus großen und kleinen kantigen bis kanten-gerundeten Brocken im Bereich der Massenkalksteine besteht (Abb. 2, 3, 5). Wie der Fels ist auch der Schutt von dem üblicherweise formenreichen Mikrokarst überzogen, auch da, wo eine spärliche Grasnarbe mit wenigen xerophytischen Stauden und niedrigen Sträuchern die weiten Kalkflächen ablösen.

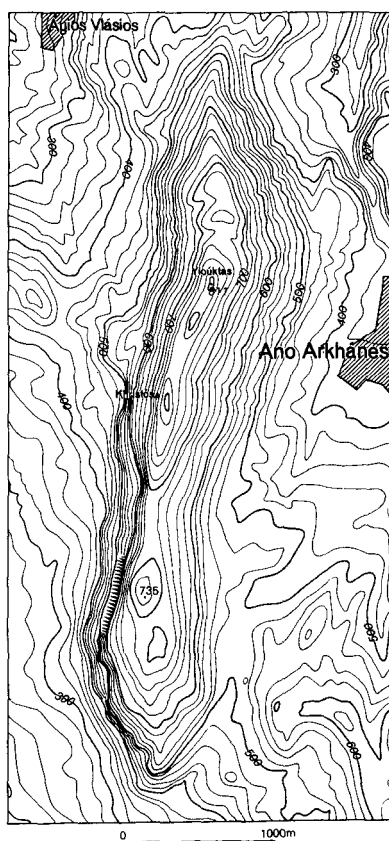


Abb. 4
Orographie und Topographie des Jouchtas.

2. Die Glatthänge am Jöuchtas

a) Die Beschaffenheit der Glatthänge

Diesem landschaftlichen Milieu gehören auch die Glatthänge an. Von den übrigen Gebirgshängen zwar kaum unterschieden, was den allgemeinen Ausdruck anbelangt, heben sie sich doch als gänzlich ungliederte, auffallend glatte Denudationsflächen mit steilem und geradem bis schwachkonvexem Profil deutlich von ihrer Umgebung ab. Abbildungen 2 und 3 vermitteln einen allgemeinen Eindruck von ihnen. Solche Glatthänge kommen auf beiden Seiten des Gebirges vor, sind aber am ausgeprägtesten auf der Ostseite. Sie setzen im unteren Gehängebereich an, laden zur Seite hin weitflächig aus, überbrücken nach oben eine Höhendifferenz bis zu ein paar hundert Meter und enden in etwas unterschiedlicher Weise in der Kammregion, auf der Ostseite in flachkonvexer Profilführung im felsigen Gebirgsgrat oder an einer vor dem Grat hinziehenden Felskulisse (Abb. 2, 3, rechter Teil), auf der Westseite am Felskliff der Bruchstufe in einer Verzahnung mit dessen Schrofen (Abb. 2, 3, linker Teil). Ihre Neigungswinkel betragen im allgemeinen 30° – 35° ; doch treten gelegentlich auch Böschungen von nur 24° – 26° einerseits und 38° – 40° andererseits auf, die flacheren vor allem auf der Ostseite, die steileren auf der Westseite des Gebirges.

Aus der Nähe betrachtet, verlieren die Hänge an Ausdruck der Glattheit. In ihren obersten Partien, ihrem Wurzelbereich vor den Felswänden und Felskulissen, sind sie von felsigen Säulen, Pyramiden und ähnlichen Kleinformen überragt (Abb. 5), in anderen Partien erscheint ihre Oberfläche als ein höckeriges, buckeliges und welliges Kleinrelief (Abb. 3, rechte Seite). Über alles zieht sich die Rauheit eines vielfältig geformten Mikrokarstes. Auffallend dünn ist die Schuttdecke. Sie liegt wie ein Schleier auf dem felsigen Untergrund und gewinnt nur im Fußbereich der Wände und Kliffe kompaktere Maße, ohne jedoch zur Halde zu werden. Am Rande des Gebirges geht der Hangschutt in eine feinfraktionierte Spülschicht über und überlappt dessen tektonische Grenzen.

b) Die Bildung der Glatthänge

Die Bildung der Glatthänge ist nicht direkt beobachtbar gewesen, da die Geländestudien in der trockenen Jahreszeit erfolgten. Sie läßt sich aber aus den geschilderten Zuständen erschließen. Dabei ist es nötig, den äußeren und genetischen Zusammenhang im Auge zu behalten, der im Einzelfall zwischen den Glatthängen und den – meist vorhandenen – felsigen Wänden, Kliffen oder Kulissen besteht. Unter diesem Aspekt kann die Bildung der Glatthänge als eine Kombination verschiedener, wohl seit langer Zeit und auch heute noch wirksamer Vorgänge verstanden werden, deren wichtigste diese sind: die einst an den Randstörungen des Gebirges begonnene und ins Gebirge hinein fortschreitende Rückverlegung der Felswände etc. und die Glättung der vor diesen Wänden, Kliffen und Kulissen durch deren Rückverlegung entstandenen Böschungen zu Glatthängen.

Die Rückverlegung der Felswände und -stufen läßt sich an Hand der Abbildungen 2, 3 und 5 leicht als ein Prozeß der Zergliederung und Auflösung der Gesteinspakete

erkennen, der unter der Bildung der erwähnten Felsruinen, -pyramiden, -säulen und -höcker im Vorfeld der Kliffe als inpersistenten Restformen und unter der Produktion des zumeist kantigen Wand- und Hangschuttes abläuft. Das Problem der Rückverlegung und zugleich das der Zerstörung der felsigen Restformen ist danach weitgehend ein Problem der Aufbereitung des Gesteins zu Schutt. Als solches integriert es die Frage nach den Kräften der Aufbereitung. Die Antwort darauf erfordert eine Sondierung der Möglichkeiten auf der Grundlage eines Exkurses in die klimatischen Verhältnisse.

Der ganze Habitus der zerklüfteten, schrofigen Felsformen, der kompakten Wände wie der freistehenden Restformen und der brockige, kantige Zustand des Schuttes lassen zunächst an Wirkungen der physikalischen Verwitterung durch Frost oder Insolation denken. Die klimatischen Verhältnisse, demonstriert durch die Daten der zwar 25 km entfernten, dafür aber in Gebirgslage und gleicher Höhe befindlichen Station Anogia (Abb. 6), geben indes solchen Erwägungen nur wenig Spielraum. Die physikalische Verwitterung durch Frostsprengung entfällt mit ziemlicher Sicherheit, da die Temperaturen nicht entsprechend sind. Das Mittel der Wintermonate liegt zwischen $6,8^{\circ}$ und $12,8^{\circ}\text{C}$, und Temperaturen um 0° sind selten und kommen ehestens noch im Zusammenhang mit gelegentlichem, meist nicht ergiebigem Schneefall vor (8 Schneetage im Mittel der Monate Januar–März). Etwas günstiger liegen die Voraussetzungen für die Insolationsverwitterung. Auf die Monate Juni bis Sep-



Abb. 5

Joúchtas, Mittelteil, Westsseite. Massenkalk. Kliff mit embryonalem Glatthang. – Phot. H. Poser, September 1956.

temperatur entfallen Temperaturmittel von immerhin 20° – $22,5^{\circ}\text{C}$ bei einem Monatsmittel der heiteren Tage von 20–28. Bei anhaltend klarem Himmel herrschen in dieser Zeit starke tägliche Einstrahlung und starke nächtliche Ausstrahlung, somit relativ große Temperaturschwankungen im Boden und Gestein, die ein gewisses Maß an mehr oberflächlicher und oberflächennaher Gefügelockerung im Gestein verursachen könnten. Die Menge des groben Schuttes wird man allerdings auf diesen, ohnehin nach Zeit und Intensität begrenzten Prozeß nicht zurückführen können, weil – wie an den Felswänden sichtbar – die Auflockerung des Gesteins viel tiefer reicht als die täglichen Temperaturschwankungen vordringen. So ist es nötig, nach weiteren

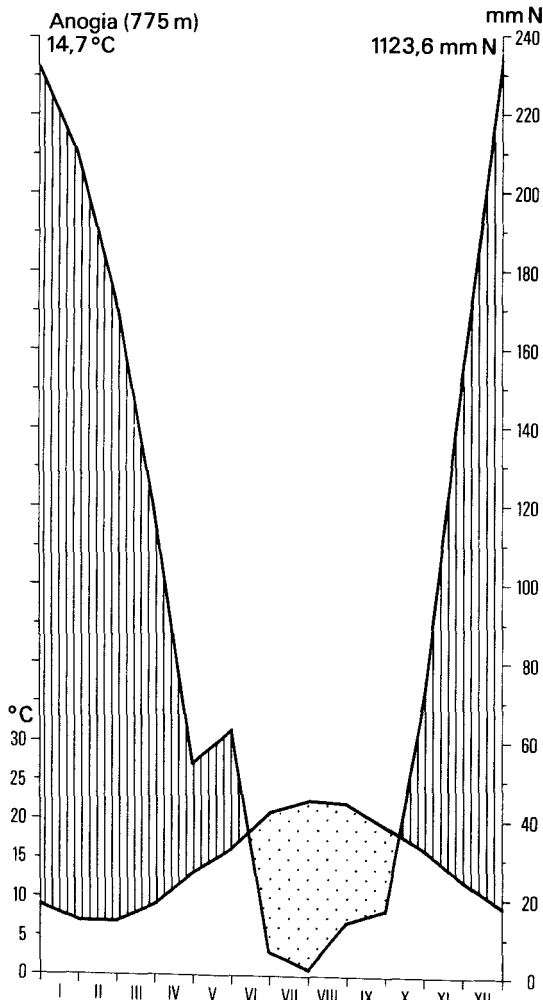


Abb. 6
Klimadiagramm von Anogia/Kreta.

und wirksameren Agenzien Ausschau zu halten; und da bieten sich nur noch die Lösungsvorgänge im Karbonatgestein an. Für sie sind die klimatischen wie die petrographischen Voraussetzungen besonders gut erfüllt. Das Gebirge empfängt im Jahresmittel schätzungsweise 1000 mm Niederschlag; das ist etwas weniger als im westlicher gelegenen Anogia, da auf Kreta die Niederschläge von W nach O abnehmen. Das Jahr ist in 4 Phasen gegliedert (vgl. Abb. 6), eine Trockenzeit von Ende Mai bis Anfang Oktober mit nur 35 mm Niederschlag, entfallend auf 10 Regentage (Regendichte 3,5), zwei Übergangszeiten, nämlich April–Mai und Oktober mit zusammen 165 mm Niederschlag auf 30 Tage (Regendichte 5,5), und eine ausgeprägte Regenzeit von November bis März mit 800 mm Niederschlag auf etwa 92 Regentage (Regendichte 8,8). Während die Niederschläge der Trockenzeit und zum Teil auch die der Übergangsmonate rasch der Verdunstung anheimfallen und geomorphologisch kaum zur Wirkung gelangen, stehen die Niederschläge der Regenzeit und des restlichen Teils der Übergangszeit für geomorphologische Prozesse nahezu ganz zur Verfügung, da die Verdunstung in dieser Jahreszeit als Folge der niedrigeren Temperaturen und der wesentlich dichteren Bewölkung erheblich herabgesetzt ist. Man kann an diese Zusammenhänge und auch an die weitere für das ganze Mediterrangebiet bekannte Tatsache der großen Häufigkeit intensiver Starkregen die Erwartung knüpfen, daß in Auswirkung der winterlichen Niederschläge sich eine kräftige flächenhafte und lineare Erosion entwickle; aber gerade das trifft auf den größten Teil des Jouchtas – im Gegensatz zu seinem Umland – nicht zu. So ergibt sich, gewissermaßen auf dem Umweg, aus dem Mangel von Zeugnissen der Abspülung und der fluvialen Bearbeitung, die Einsicht, daß die Niederschläge der Regenzeit vollends vom Gestein aufgesogen werden, wobei die hochgradige Zerklüftung desselben eine entscheidende Rolle spielt. Es bedarf nun nicht mehr einer großen Phantasie zu der Vorstellung, daß das Wasser sich auf das dichte Netz der Spalten, Klüfte, Haarrisse und Fugen verteilt, auf deren Wänden und Flächen in die Tiefe vordringend korrosiv tätig wird und dabei alle großen und kleinen Hohlformen bis zum Zerfall des Gesteins zu Schutt erweitert. Es ist wahrscheinlich, daß dabei das Wasser mit zunehmender Tiefe an Aggression verliert und daß es nicht bei jedem Regen bis zur gleichen Tiefe versickert, so daß es die oberen, am häufigsten durchnässten Gesteinspakete sind, die – wie alle Photos verdeutlichen – von der Lösung am stärksten betroffen werden. Das Endprodukt sind einerseits die feinen Lösungsrückstände, die allmählich der Ausspülung verfallen, und andererseits der teils kantige, teils kantengerundete Grottschutt, dem J. Hagedorn (1978) auf Grund ähnlicher Erwägungen den Terminus „Karstschutt“ beilegte.

Mit der Schuttproduktion ist ein wichtiger Teil der Rückverlegung der Wände, Kliffe und Stufen erfaßt, jedoch noch nicht die ganze Formgebung. Im Prinzip ist die Rückverlegung durch Lösungswirkung analog der bekannten Wandverwitterung durch physikalische Prozesse. Auch im vorliegenden Fall wird die Wand parallel zu sich selbst rückverlegt, verliert dabei aber kontinuierlich von unten her an Höhe, indem der niederfallende Schutt den jeweiligen Wandfuß schützend verhüllt und die weitere Rückverlegung auf den jeweils noch schuttfreien Wandbereich eingrenzt. Aus

der Kontinuität dieses Vorgangs resultiert im Endeffekt, sofern der Prozeß nicht durch grundsätzliche Änderung der Bedingungen vorzeitig gestoppt wird, eine Aufzehrung der Wand, des Kliffs oder der Stufe einerseits und die Entstehung eines Hanges vor dem Wandfuß andererseits, eines Hanges, der sich mit der Rückverlegung von unten nach oben kontinuierlich verlängert und sich im äußersten Endfall mit dem Gegenhang kamm- oder gratartig verschneidet. Die Abbildungen 2 und 3 demonstrieren diese Verhältnisse, die Westseite des Gebirges mit der noch in Gang befindlichen, die Ostseite mit der schon fast abgeschlossenen Entwicklung.

Der auf die geschilderte Weise entstehende Hang ist noch kein Glatthang; dazu bedarf es noch seiner Glättung. Das der Natur sehr angepaßte Schema eines West-Ost-Profils (Abb. 7) und die Abbildungen 2, 3 und 5 zeigen, wie im Betrachtungsfall weite Hangpartien bereits in den Zustand eines reifen, fertigen Glatthangs überführt sind, während sich die höheren wand- oder kliffnahen, also morphologisch jüngeren Hangpartien, die von den bewußten felsigen Blöcken, Pyramiden, Säulen und Höckern überragt werden, noch im Embryonalzustand befinden. Hier ist noch die Beseitigung eben dieser felsigen Kleinformen erforderlich, um aus dem Gehänge einen echten Glatthang werden zu lassen. Die starke Zerklüftung und Verkarstung ihrer Gesteinsmasse und die Schuttansammlung an ihrem Fuß lassen keinen Zweifel, daß die Felsformen denselben korrosiv eingeleiteten Vorgängen zum Opfer fallen, die ihre auflösende, auflockernde, zerlegende und rückverlegende Wirkung auf die Wände ausüben. Auch A. Gerstenhauer (1977) hat für die Glatthangbildung im campanischen Apennin den Lösungsvorgängen eine ähnliche Rolle beigemessen. Auch die Insulationsverwitterung mag einen gewissen Anteil haben. Vielleicht sind die häufig an den frei stehenden Pyramiden, Säulen und Höckern zu beobachtenden Kerben und Hohlkehlen im Ausstrich der die Formen durchschneidenden Schichtfugen als Zeichen dafür zu nehmen. Auch der Zeitfaktor spielt eine Rolle, zumindest

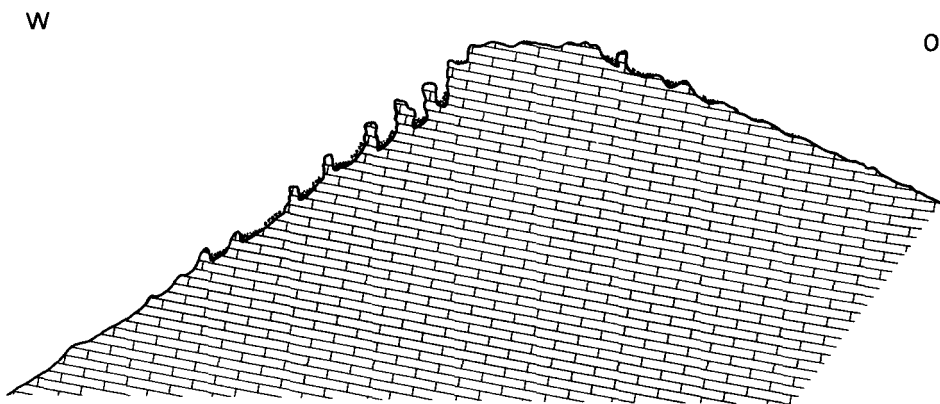


Abb. 7

Schematisches West-Ost-Profil durch den Mittelteil des Joúchtas. Links Wand, embryonaler Glatthang und Übergang zum reifen Glatthang. Rechts Gleiches im reiferen Zustand.

für den jeweils erreichten Glättungsgrad der einzelnen Hangpartien. Er findet seinen sichtbarsten Ausdruck in der Verkleinerung der Felsgestalten vom Wandbereich aus hangabwärts, d. h. in der Richtung von den jüngeren zu den älteren Hangpartien (vgl. Abb. 2, Mittelgrund links, 5, 7).

Auch nach ihrer Glättung geht die Fortbildung der Glatthänge sicherlich noch weiter. Ihre ganze Fläche nimmt ja weiterhin die Niederschläge auf, so daß die Prozesse der Lösung und Verkarstung an der Oberfläche und im Untergrund andauern, was bedeutet, daß die Gesteinsmasse durch Abfuhr der gelösten Substanz zu den Gebirgsrändern hin im Gesamtbereich eines Hanges ziemlich gleichmäßig an Volumen verliert. Diese sich auf die Beobachtungen stützenden Gedanken konsequent weitergeführt laufen auf die Vorstellung hinaus, daß Glatthänge – unabhängig von ihrem Böschungswinkel – mit der Zeit eine Tieferschaltung im großen und ganzen parallel zu sich selbst erfahren, und daß nur dicht vor dem Gebirgsrand – in anderen Fällen vor dem Vorfluter – und bei unverändertem Bezugsniveau das sonst gerade Hangprofil abflacht und konkav durchbiegt. In etwa entspricht das Gesamtprofil jenem, das M. A. Carson und M. J. Kirkby (1972, S. 260) für den Fall der Lösungsprozesse unter gemäßigttem Klima theoretisch abgeleitet haben.

Einige Fragen müssen noch ergänzend berührt werden. Die eine ist die nach einem eventuellen optimalen oder kritischen Böschungswinkel. Für periglaziale Glatthänge werden Neigungswinkel von 27° – 35° als Regel angesehen und in dieser Größenordnung in Anlehnung an H. Spreitzer (1957) auch als Kriterien der Glatthangdefinition einbezogen (J. Hagedorn 1970). Eine befriedigende Erklärung hat sich bisher nicht ergeben, kann aber möglicherweise aus dem an bestimmte Böschungswinkel gebundenen Wechsel der Agenzien wie Steinschlag, Schuttrutsch, Abspülung und Solifluktion hergeleitet werden. Für die Glatthänge im Kalkgestein des Joúchtas sind oben bereits Böschungswinkel von 24° – 40° genannt worden. Mit 25° – 30° hat A. Gerstenhauer (1977) etwas andere Werte für den campanischen Kalkapennin gefunden. Weitere Angaben fehlen noch in der Literatur, so daß die Basis für die Ermittlung eines eventuellen kritischen Winkels auch für diese Kategorie von Glatthängen noch zu schmal ist. Im übrigen scheint die Möglichkeit eines solchen Winkels sehr fraglich zu sein, da die Glatthangbildung durch Lösung weitgehend unabhängig vom Böschungswinkel ist und anderen Gesetzen gehorcht als die Prozesse der Glatthangbildung unter kaltklimatischen Bedingungen.

Fragt man auf Grund der bisherigen Ausführungen nach den allerwichtigsten Voraussetzungen für die Glatthangbildung im Kalkgestein außerhalb der periglazialen Höhenstufe, dann sind es lediglich ihrer drei: ein vorgegebenes Gebirgsrelief, reichliche, möglichst auf eine Jahreszeit zu hoher Intensität konzentrierte Niederschläge und eine außerordentlich große Permeabilität des lösungsfähigen Kalkgesteins. Da diese Voraussetzungen nicht ungewöhnlich sind, sondern auch in ihrer Kombination vielenorts vorkommen, müßte eigentlich die Verbreitung der Glatthänge dieser Art wesentlich größer sein als bisher bekannt ist.

Von besonderem Interesse ist natürlich noch die Altersfrage. Aber leider kann sie mangels ausreichender Beobachtungen und mangels ausreichender Ansatzmöglich-

keiten kaum beantwortet werden. Sicher ist nur, daß die Glatthänge in der Gegenwart fortgebildet werden; aber unwahrscheinlich ist schon, daß sie erst im Laufe des Holozäns entstanden. Die Weltkarte der Lösungsraten im Kalkgestein von K. Priesnitz (1974) weist zwar für die Mittelmeerregion relativ hohe Werte aus, doch ist wohl dennoch anzunehmen, daß die glatthangbildenden Lösungsvorgänge so langsam sind, daß für die beschriebenen reifen Glatthänge eine lange Bildungszeit veranschlagt werden muß. Wenn J. Hagedorn (1969, 1970) für die Glatthänge der Periglazialstufe griechischer Hochgebirge und auch für tiefer gelegene Kalkglatthänge ein bis in den Ausgang des Tertiärs zurückreichendes Alter als wahrscheinlich ableitete, so dürften die Lösungsglatthänge des Jouchtas möglicherweise ein ähnlich hohes Alter haben. Das braucht nicht zu heißen, daß die Glatthänge seit dem Ende des Tertiärs durchgehend Aktivformen gewesen wären; es mag durchaus sein, daß sie Phasen ungünstigeren Klimas als Ruheformen überdauerten. Andererseits sind ihre Ansprüche ans Klima so sehr auf mittelhohe und hohe Niederschlagsmengen mit großer Niederschlagsintensität eingegrenzt, daß ihre Fortbildung wohl unter fast allen spät- und posttertiären Klimaten möglich war, vielleicht mit Ausnahme derjenigen, die mit dichter Waldvegetation verbunden waren.

III. Schluß: Die Formenkonvergenz

Die Betrachtung kann zurückkehren zu ihrem Ausgangspunkt im Einführungskapitel und kann nunmehr nach dem Ertrag der Gegenüberstellung von Glatthängen des Periglazialraums und Glatthängen außerhalb dieses Raumes fragen. Während die Glatthänge des Periglazialraumes bereits in ihrer weltweiten Verbreitung erkannt und in zahlreichen Arbeiten – meist im Zusammenhang mit anderen Periglazialerscheinungen – behandelt wurden, gibt es über die andere Gruppe von Glatthängen trotz ihrer mehrfachen Erwähnung in der Literatur (s. S. 35) nur erst zwei ins Detail gehende Untersuchungen, darunter vor allem die von A. Gerstenhauer (1977) über den campanischen Kalkapennin und die vorliegende über den Jouchtas auf Kreta. Damit ist eigentlich die Basis für weitergehende Vergleiche reichlich schmal; aber die Gemeinsamkeiten und Übereinstimmungen beider Untersuchungen geben bei der Gegenüberstellung beider Glatthang-Gruppen ein gutes Gegengewicht ab und ermöglichen doch Ergebnisse allgemeiner Gültigkeit. Unter Beschränkung auf die wichtigsten ist eins dieser Ergebnisse die völlige Übereinstimmung der beiden Glatthang-Gruppen in physiognomischer Hinsicht, die E. Stocker (1976) auch für Glatthänge der Mani-Halbinsel hervorhob. Sie gleichen einander so, daß sie als Bilder – etwa für eine Publikation gedacht – austauschbar wären. Ein anderes Ergebnis allgemeiner Gültigkeit ist die Feststellung, daß beide Gruppen gänzlich verschiedener Entstehung sind und aus ganz unterschiedlicher Morphodynamik hervorgingen. Glatthänge sind danach Beispiele par excellence für Formenkonvergenz, wenn man unter diesem Ausdruck Formenbildungen versteht, die kausalgenetisch und morphodynamisch aus ganz verschiedenen Wurzeln kommen und dennoch Formen von gleicher Physio-

gnomie hervorbringen. Unter diesem Aspekt werden für die beiden zur Rede stehenden und bisher erst allein erkannten Glatthangtypen – es kann ihrer weitere geben – die genetischen Termini „Periglazial-Glatthang“ und „Karst-Glatthang“ vorgeschlagen. Eins unterscheidet sie möglicherweise noch. Der Periglazial-Glatthang ist sicher eine klimamorphologische Charakterform der periglazialen Zone und Höhenstufe; er ist zonal zugeordnet. Vom Karst-Glatthang läßt sich nicht ohne weiteres sagen, ob auch er eine spezifische klima- und landschaftszonale Zuordnung hat. Er ist zwar bisher nur in der mediterranen Klima- und Landschaftsregion beobachtet worden; was aber angesichts der nur erst wenigen Beobachtungen noch nicht besagt, daß er auf diese Region und die ihr gleichenden Klimagebiete beschränkt sei. Es ist auch möglich, daß der Karst-Glatthang gar kein klimatischmorphologischer Typ ist, sondern eine petrographisch bedingte Variante entsprechend seiner Abhängigkeit von hochgradiger Wasserdurchlässigkeit des Gesteingrundes. Das sind Fragen, die zur Zeit noch offen bleiben müssen.

D a n k : Dank zolle ich den Herren Dozent Dr. Leontaris (Athen) und Prof. Dr. Kelletat für Auskünfte zur Orographie und Geologie des Joúchtas, nochmals Herrn Prof. Dr. Kelletat und Herrn Prof. Dr. Klaer für briefliche Auskünfte zur Verbreitung der Glatthänge und den Herren Prof. Dr. J. Hagedorn und Dr. Priesnitz für kritische Anmerkungen zum Manuskript. Dank gebührt auch Frau J. Peters und Herrn H. Wahle für die Zubereitung der Abbildungen zum Druck.

Literatur

- Brosche, K. U. (1978): Ergebnisse einer vergleichenden Studie zum rezenten und vorzeitlichen Formenschatz auf der Iberischen Halbinsel. *Biuletyn Peryglacialny*, 27. Łódź.
- Carson, M. A. & M. J. Kirkby (1972): *Hillslope Form and Process*. Cambridge.
- Creutzburg, N. et al. (1977): *General Geological Map of Greece, Crete Island*, 1:200 000, Athen.
- Garleff, K. (1977): Höhenstufen der argentinischen Anden in Cuyo, Patagonien und Feuerland. *Göttinger Geograph. Abh.*, 68. Göttingen.
- Gerstenhauer, A. (1977): Untersuchungen zur Morphogenese der Solofranatalung unter besonderer Berücksichtigung der Glatthangbildung in Carbonatgesteinen. *Düsseldorfer Geograph. Schriften*, 5. Düsseldorf.
- Hagedorn, J. (1969): Beiträge zur Quartärmorphologie griechischer Hochgebirge. *Göttinger Geograph. Abh.*, 50. Göttingen.
- ,– (1970): Zum Problem der Glatthänge. *Zeitschr. f. Geomorph. N.F.*, 14. Berlin.
- ,– (1978): Karst- und periglazialmorphologische Forschungen im nördlichen Pindos und seinem Vorland. *Jahrb. Akad. Wiss. Göttingen für 1977*, S. 122f. Göttingen.
- Höllermann, P. W. (1964): Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenschatz in den Zentralalpen am Beispiel des oberen Suldentales (Ortlergruppe). *Zeitschr. f. Geomorph., Suppl. Bd. 4*. Berlin.

- , (1977): Die periglaziale Höhenstufe der Gebirge in einem West-Ost-Profil von Nordiberien zum Kaukasus. In: Formen, Formengesellschaften in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator (Hrsg. H. Poser). Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. III. F., 31. Göttingen.
- Karrasch, H. (1974 a): Hangglättung und Kryoplanation an Beispielen aus den Alpen und kanadischen Rocky Mountains. In: Geomorphologische Prozesse und Prozeßkombinationen in der Gegenwart unter verschiedenen Klimabedingungen (Hrsg. H. Poser). Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., III. F., 29. Göttingen.
- , (1974 b): Probleme der periglazialen Höhenstufe in den Alpen. Hans-Graul-Festschrift, Heidelberger Geograph. Arbeiten, 40. Heidelberg.
- Kelletat, D. & D. Gassert (1975): Die Formengruppe Pediment – Glatthang – Felsfächer der westlichen Mani-Halbinsel (Peloponnes). Die Erde, 106. Berlin.
- , (1975): Quartärmorphologische Untersuchungen im Küstenraum der Mani-Halbinsel, Peloponnes. Zeitschr. f. Geomorph., N.F., Suppl. Bd. 22. Berlin.
- Kelletat, D. (1978): Periglaziäre Schuttbildung im Küstenbereich des östlichen Mittelmeeres. In: Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords. Strasbourg.
- Klaer, W. (1962 a): Die periglaziale Höhenstufe in den Gebirgen Vorderasiens. Zeitschr. f. Geomorph., N.F., 6. Berlin.
- , (1962 b): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in Hochgebirgen Vorderasiens. Heidelberger Geograph. Arbeiten, 11. Heidelberg.
- Pippan, Th. (1974): Die Bedeutung der Lawinentätigkeit für gegenwärtige geomorphologische Prozesse im Hochgebirge von Salzburg. In: Geomorphologische Prozesse und Prozeßkombinationen in der Gegenwart unter verschiedenen Klimabedingungen (Hrsg. H. Poser). Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., III. F., 29. Göttingen.
- Poser, H. (1957): Klimamorphologische Probleme auf Kreta. Zeitschr. f. Geomorph., N.F., I. Berlin.
- Priesnitz, K. (1974): Lösungsraten und ihre morphologische Relevanz. In: Geomorph. Prozesse und Prozeßkombinationen in der Gegenwart unter verschiedenen Klimabedingungen (Hrsg. H. Poser). Abh. Akad. Wiss., Math.-Phys. Kl., III. F., 29. Göttingen.
- Richter, E. (1900): Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Petermanns Geograph. Mitt., Erg., 132. Gotha.
- Schwinner, R. (1933): Ungleichseitigkeit der Gebirgskämme in den Ostalpen. Zeitschr. f. Geomorph., 7. Berlin.
- Spreitzer, H. (1957): Zur Geographie des Kilikischen Ala Dag im Taurus. Festschr. z. Hundertjahrfeier der Geogr. Ges. Wien.
- , (1959): Fußflächen am Kilikischen Ala Dag im Taurus. Mitt. Österr. Geograph. Ges., 101. Wien.
- , (1960): Hangformung und Asymmetrie der Bergrücken in den Alpen und im Taurus. Zeitschrift f. Geomorph., Suppl.-Bd. 1. Berlin.
- Stingl, H. (1969): Ein periglazialmorphologisches Nord-Süd-Profil durch die Ostalpen. Göttinger Geograph. Abh., 49. Göttingen.
- Stocker, E. (1976): Klimamorphologische Untersuchungen auf der Mani-Halbinsel mit besonderer Berücksichtigung der Formengruppe Glatthang – Pediment – Karstrandebene. Arbeiten a. d. Geograph. Inst. d. Univ. Salzburg, 6. Salzburg.
- Wiche, K. (1961): Beiträge zur Formenentwicklung der Sierren am unteren Segura (Südostspanien). Mitt. Österr. Geograph. Ges., 103. Wien.